

SWU Engineering Journal (2012) 7(2), 81-89

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 เดือน กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ.2555

การศึกษาการประหยัดพลังงานของพัดลมระบายความร้อนแชสซิสคอมพิวเตอร์

The Study on Energy Saving of Computer Chassis's Cooling Fan

ธนยศ อริสริยวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

63 หมู่ 7 ถ.รังสิต-นครนายก ต.องครักษ์ อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120 โทร 0-3732-2609

E-mail: Tanayos.Swu@gmail.com, somwang@swu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาการประหยัดพลังงานและประสิทธิภาพการระบายความร้อนของพัดลมระบายความร้อนภายในแชสซิสคอมพิวเตอร์ โดยการแบ่งความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนออกเป็นช่วงแปรผันตามอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในแชสซิสของคอมพิวเตอร์ โดยได้ทำการออกแบบบอร์ดควบคุมเพื่ออ่านค่าอุณหภูมิควบคุมความเร็วพัดลมระบายความร้อนและสื่อสารข้อมูล พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จากผลการทดลองพบว่า การแบ่งความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนออกเป็นช่วงแปรผันตามอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในแชสซิสของคอมพิวเตอร์ ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนลดลงและประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น เมื่อเทียบกับการใช้ความเร็วรอบสูงสุดของพัดลมระบายความร้อนในทุกช่วงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในแชสซิสของคอมพิวเตอร์

คำสำคัญ: การประหยัดพลังงาน พัดลมระบายความร้อน แชสซิสคอมพิวเตอร์ การระบายความร้อน

ABSTRACT

This paper describes the study on energy saving and heat ventilation performance of computer chassis's cooling fan. By varying the rotation speed of cooling fan depend on temperature inside the computer chassis. To read the computer chassis's temperature and control the cooling fan's speed, we design a controller board and writing the program for microcontroller. The results showed that varying the rotation speed of cooling fan has the ability to maintain the same heat ventilation rate and saving more energy as compared to full speed of cooling fan.

Keyword: Energy Saving, Cooling Fan, Computer Chassis, Heat Ventilation

1. บทนำ

ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessors) และชิปเซต (Chipset) ต่างมีการพัฒนาทั้งทางด้านความเร็วในการประมวลผล ความถี่ในการทำงานที่สูงขึ้น จำนวนทรานซิสเตอร์ที่เพิ่มขึ้นในตัวประมวลผล ทำให้ต้องใช้พลังงานในการทำงานที่สูงขึ้นไปด้วย ส่งผลให้เกิดความ

ร้อนสะสมมากขึ้น การจัดการด้านความร้อนจึงเป็นสิ่งจำเป็นในส่วนของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล [1] ถึงแม้ว่าในส่วนของซีพียูจะมีการออกแบบระบบระบายความร้อนโดยใช้แผ่นระบายความร้อน (Heat Sink) แต่ความร้อนที่ระบายจากแผ่นระบายความร้อนก็ยังสะสมอยู่ในแชสซิสของคอมพิวเตอร์เช่นเดิม ดังนั้นเรื่องของ การระบายความร้อนจึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจ [2]

ความร้อนสะสมที่เกิดขึ้นภายในแชสซิสของคอมพิวเตอร์เป็นผลทำให้ระบบการทำงานล้มเหลวหรือการทำงานมีความผิดพลาด ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบระบบระบายความร้อนภายในแชสซิสของคอมพิวเตอร์โดยใช้พัดลมเป็นตัวดูดอากาศร้อนออกไป แต่เนื่องจากว่าเมื่อพัดลมระบายความร้อนทำงานจะมีการใช้พลังงานสูงเนื่องจากพัดลมจะหมุนด้วยความเร็วสูงสุดทุกครั้งและส่งผลให้มีเสียงรบกวนตามมาด้วย โดยทั่วไปแล้วพัดลมระบายความร้อนจะเป็นแบบแนวแกน (Axial Fan) ซึ่งจะมีการสูญเสียพลังงานอย่างสูงเมื่อหมุนด้วยความเร็วสูงสุด [3] ดังนั้นจึงเริ่มมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเรื่องพลังงานและการระบายความร้อนของพัดลมระบายความร้อนโดยเริ่มต้นได้มีการนำเทคนิคการควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ พัลส์วิตมอดดูเลชัน (Pulse Width Modulation : PWM) มาใช้งานซึ่งพบว่าสามารถใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้เป็นอย่างดี [4] ในส่วนของตำแหน่งและทิศทางการติดตั้งพัดลมระบายอากาศภายในแชสซิสของคอมพิวเตอร์ก็เป็นส่วนที่สำคัญในการระบายความร้อนและพบว่าการศึกษาการดูดอากาศร้อนออกไปให้ผลดีกว่าการเป่าอากาศเข้าไปในแชสซิสของคอมพิวเตอร์ [5][6] จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่าจะทำให้ความสนใจกับการระบายความร้อนเป็นหลัก ทำให้ประเด็นด้านการใช้พลังงานลดความสำคัญลงไป

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาถึงการประหยัดพลังงานของพัดลมระบายความร้อนภายในแชสซิสของคอมพิวเตอร์ ด้วยการแบ่งความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนออกเป็นช่วง ตามอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในแชสซิสของคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนกับการประหยัดพลังงานและประสิทธิภาพการระบายความร้อน สำหรับเป็นพื้นฐานไปสู่การออกแบบระบบระบายความร้อนของแชสซิสคอมพิวเตอร์เพื่อการประหยัดพลังงานและลดภาวะโลกร้อน

2. การออกแบบชุดทดลองด้านฮาร์ดแวร์

ส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์ทดลองด้านฮาร์ดแวร์

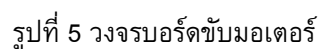
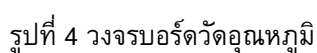
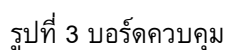
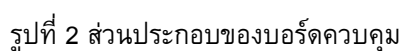
จากรูปที่ 1 อุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์จะประกอบไปด้วยสามส่วนหลัก คือ แชสซิสคอมพิวเตอร์ (PC Chassis) บอร์ดควบคุม (Controller Board) และคอมพิวเตอร์สำหรับอ่านข้อมูล (Monitoring Computer) โดยความร้อนที่เกิดขึ้นภายในแชสซิสคอมพิวเตอร์จะถูกอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่ติดตั้งอยู่ภายในผ่านไปยังบอร์ดควบคุม จากนั้นบอร์ดควบคุมจะทำการประมวลผลเพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมความเร็วของพัดลมระบายความร้อนภายในแชสซิสคอมพิวเตอร์ด้วยเทคนิคการควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบพัลส์วิตมอดดูเลชัน ในขณะที่เดียวกันก็จะส่งข้อมูลของอุณหภูมิภายในแชสซิสคอมพิวเตอร์และสัญญาณควบคุมความเร็วของพัดลมระบายความร้อนไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านทางวิธีการสื่อสารแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS232 เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป ขบวนการดังกล่าวข้างต้นจะดำเนินไปเป็นขั้นตอนซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าค่าของอุณหภูมิภายในแชสซิสคอมพิวเตอร์จะลดลงต่ำกว่าที่กำหนดเอาไว้กระบวนการทั้งหมดจึงจะสิ้นสุดลง

2.1 การออกแบบบอร์ดควบคุม

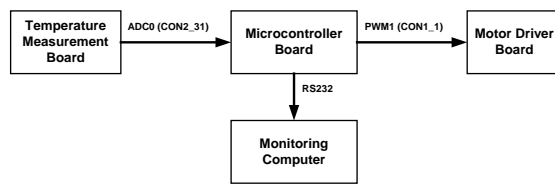
ส่วนประกอบของบอร์ดควบคุม (Controller Board) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 ส่วนรูปที่ 3 แสดงรูปบอร์ดควบคุม จากรูปที่ 2 จะพบว่าบอร์ดควบคุมจะประกอบไปด้วยบอร์ดย่อยจำนวน 3 บอร์ดดังนี้

บอร์ดวัดอุณหภูมิ (Temperature Measurement Board) ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่ติดตั้งอยู่ภายในแชสซิสคอมพิวเตอร์ และขยายสัญญาณจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิให้มีขนาดมากขึ้นเพื่อให้เหมาะสมสำหรับการนำไปเชื่อมต่อกับโมดูลแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลที่อยู่ภายในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Board) โดยได้

บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ (Motor Driver Board) ทำหน้าที่ขับเคลื่อนมอเตอร์พัดลมระบายความร้อนภายในแชสซิสคอมพิวเตอร์ตามสัญญาณควบคุมที่ได้รับมาจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูปของสัญญาณพัลส์วิดมอดดูเลชัน โดยเลือกใช้งานจอร์ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงจรรวมเบอร์ LMD18201 ของบริษัท National Semiconductor เนื่องจากมีขนาดเล็ก ใช้งานง่าย ทนกระแสได้สูง และสามารถต่อร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทันที วงจรของบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5



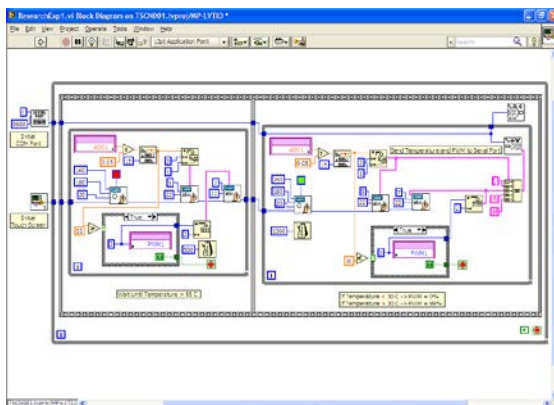
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Board) ทำหน้าที่อ่านค่าอุณหภูมิ ควบคุมความเร็วพัดลมและส่งข้อมูลต่างๆไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเก็บบันทึก โดยที่ตัวบอร์ดจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ LPC2378 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 32 บิตของบริษัท NXP พร้อมด้วยการแสดงผลแบบจอภาพระบบสัมผัสขนาด 2.8 นิ้ว การทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มจากการอ่านค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในแชสซิสคอมพิวเตอร์จากบอร์ดวัดอุณหภูมิ จากนั้นทำการประมวลผลเพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมความเร็วของพัดลมระบายความร้อนภายในแชสซิสคอมพิวเตอร์ผ่านทางบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ ในขณะที่เดียวกันก็จะส่งข้อมูลของอุณหภูมิภายในแชสซิสคอมพิวเตอร์และสัญญาณควบคุมความเร็วของพัดลมระบายความร้อนไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บบันทึกข้อมูล ผ่านทางการสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐาน RS232 วงจรการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 วงจรการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

3. การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์

การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์จะประกอบไปด้วยสองส่วนคือ การออกแบบโปรแกรมบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และการออกแบบโปรแกรมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกข้อมูล โดยการพัฒนาโปรแกรมสำหรับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ซอฟต์แวร์ LabVIEW Embedded Module for ARM Microcontroller ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมเชิงกราฟิกทำให้การพัฒนาโปรแกรมเป็นไปได้อย่างสะดวกและรวดเร็วกว่าการเขียนโปรแกรมแบบดั้งเดิมที่เป็นการเขียนโปรแกรมแบบเชิงตัวหนังสือ ตัวอย่างโปรแกรมของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7 ส่วนโปรแกรมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกข้อมูลจะใช้โปรแกรม HyperTerminal ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางสายสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐาน RS232 ซึ่งมีมาให้พร้อมกับระบบปฏิบัติการวินโดวส์อยู่แล้ว

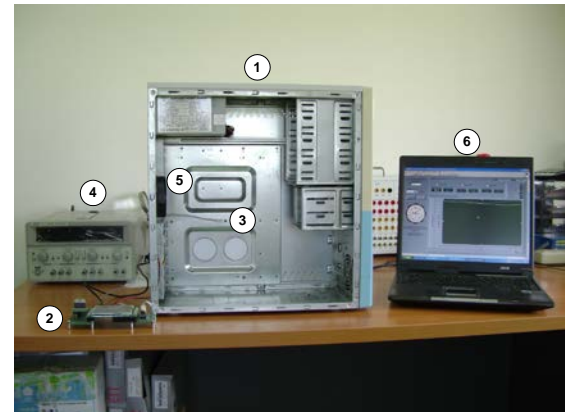


รูปที่ 7 ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

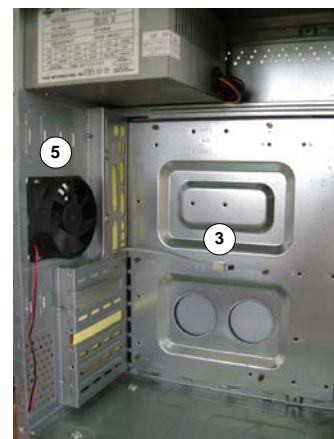
4. วิธีการทดลอง

4.1 อุปกรณ์การทดลอง

รายการอุปกรณ์การทดลองและการติดตั้งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 8 ส่วนรูปที่ 9 แสดงให้เห็นตำแหน่งการติดตั้งของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและพัดลมระบายความร้อนในแชสซิสของคอมพิวเตอร์



รูปที่ 8 รายการอุปกรณ์การทดลองและการติดตั้ง



รูปที่ 9 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและพัดลมระบายความร้อน

จากรูปที่ 8 และ 9 รายการอุปกรณ์มีดังนี้

- หมายเลข 1 คือ แชสซิสของคอมพิวเตอร์
- หมายเลข 2 คือ บอร์ดควบคุม
- หมายเลข 3 คือ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ
- หมายเลข 4 คือ แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

หมายเลข 5 คือ พัฒนาระบายความร้อน

หมายเลข 6 คือ คอมพิวเตอร์สำหรับบันทึก

ข้อมูล

4.2 วิธีการทดลอง

เพื่อเป็นการจำลองความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน แชสซิสคอมพิวเตอร์จึงได้ติดตั้งฮีตเตอร์ขนาดเล็กไว้ภายใน โดยเมื่อเริ่มการทดลองจะทำการปิดฝาด้านข้างของแชสซิสคอมพิวเตอร์และทำการเปิดฮีตเตอร์ให้ทำงาน เพื่อศึกษาถึงการประหยัพลังงานของพัฒนาระบายความร้อนแชสซิสคอมพิวเตอร์ ด้วยการแบ่งความเร็วรอบของพัฒนาระบายความร้อนออกเป็นช่วงหลายๆแบบ ตามอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในแชสซิสของคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาถึงการแบ่งช่วงความเร็วรอบของพัฒนาระบายความร้อนมีผลอย่างไรต่อการประหยัพลังงานรวมถึงประสิทธิภาพการระบายความร้อนที่ได้ ดังนั้นจึงมีการแบ่งการทดลองออกเป็นรูปแบบต่างๆดังตารางที่ 1 โดยในที่นี้พัฒนาระบายความร้อนจะเริ่มทำงานเมื่ออุณหภูมิภายในแชสซิสคอมพิวเตอร์สูงกว่า 55°C และจะหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิภายในแชสซิสคอมพิวเตอร์ต่ำกว่า 30°C

ตารางที่ 1 รูปแบบการแบ่งช่วงความเร็วรอบของพัฒนาระบายความร้อนที่ใช้ในการทดลอง

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3	การทดลองที่ 4	การทดลองที่ 5
	PWM (%)	PWM (%)	PWM (%)	PWM (%)	PWM (%)
< 30	0	0	0	0	0
30-35	99	15	15	15	16
36-40	99	15	15	20	32
41-45	99	15	43	50	48
46-50	99	99	43	70	64
51-55	99	99	99	80	80
> 55	99	99	99	99	99

จากตารางที่ 1 แต่ละการทดลองจะมีความหมายดังนี้

การทดลองที่ 1 พัฒนาระบายความร้อนจะทำงานด้วยความเร็วรอบสูงสุดตลอดช่วงอุณหภูมิที่ควบคุม ซึ่งเป็นแบบที่พบเห็นได้ในพัฒนาระบายความร้อนแชสซิสคอมพิวเตอร์ทั่วไป

การทดลองที่ 2 จะมีการแบ่งความเร็วรอบของพัฒนาระบายความร้อนออกเป็นสองช่วงเท่าๆกันระหว่างช่วงอุณหภูมิที่ควบคุม คือ PWM = 15% และ PWM = 99%

การทดลองที่ 3 จะมีการแบ่งความเร็วรอบของพัฒนาระบายความร้อนออกเป็นสามช่วงเท่าๆกันระหว่างช่วงอุณหภูมิที่ควบคุม คือ PWM = 15%, PWM = 43% และ PWM = 99%

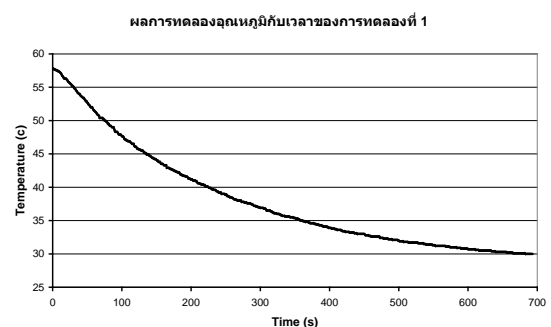
การทดลองที่ 4 จะมีการแบ่งความเร็วรอบของพัฒนาระบายความร้อนออกเป็นหกช่วงแบบเอ็กโพเนนเชียลระหว่างช่วงอุณหภูมิที่ควบคุม คือ PWM = 15%, PWM = 20%, PWM = 50%, PWM = 70%, PWM = 80% และ PWM = 99%

การทดลองที่ 5 จะมีการแบ่งความเร็วรอบของพัฒนาระบายความร้อนออกเป็นหกช่วงแบบเชิงเส้นระหว่างช่วงอุณหภูมิที่ควบคุม คือ PWM = 16%, PWM = 32%, PWM = 48%, PWM = 64%, PWM = 80% และ PWM = 99%

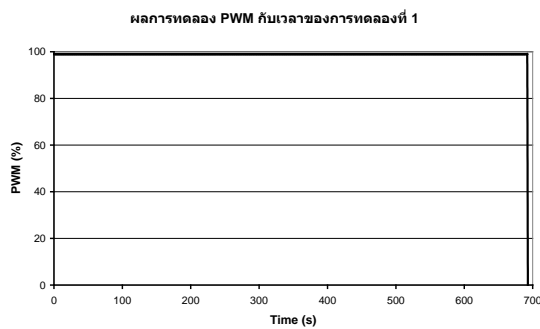
5. ผลการทดลอง

เพื่อให้เห็นผลการทดลองได้ชัดเจนจึงจะแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ลดลงกับเวลา และ ค่า PWM กับเวลา โดยแยกกราฟต่าง ๆ ออกเป็นแต่ละการทดลองดังนี้

5.1 ผลการทดลองของการทดลองที่ 1

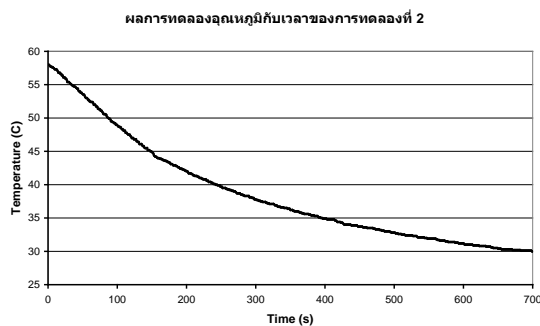


รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของการทดลองที่ 1

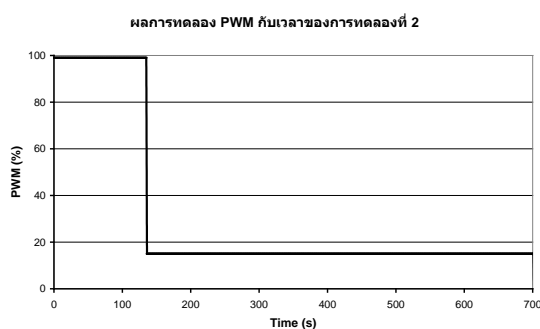


รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของ PWM กับเวลาของการทดลองที่ 1

5.2 ผลการทดลองของการทดลองที่ 2

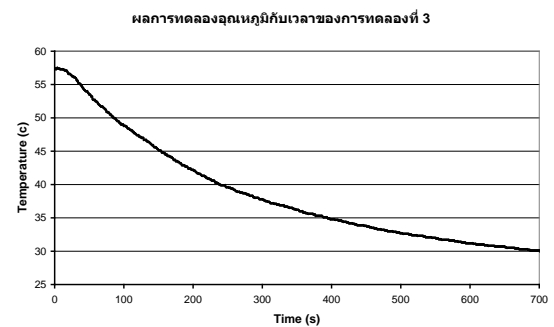


รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของการทดลองที่ 2

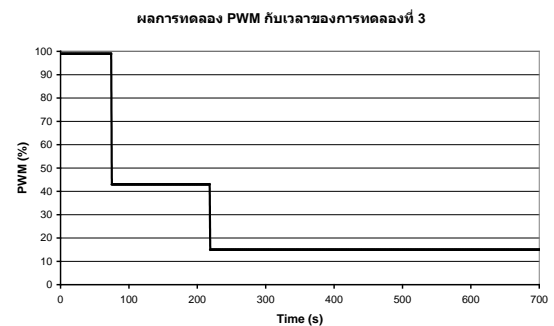


รูปที่ 13 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของ PWM กับเวลาของการทดลองที่ 2

5.3 ผลการทดลองของการทดลองที่ 3

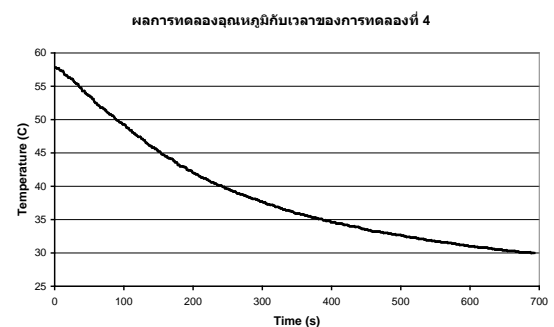


รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของการทดลองที่ 3

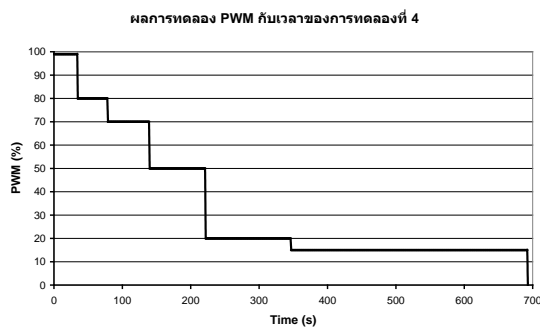


รูปที่ 15 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของ PWM กับเวลาของการทดลองที่ 3

5.4 ผลการทดลองของการทดลองที่ 4

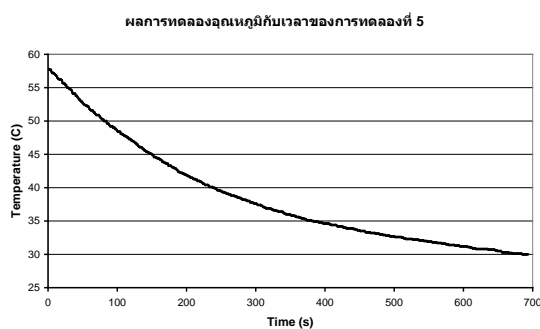


รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของการทดลองที่ 4

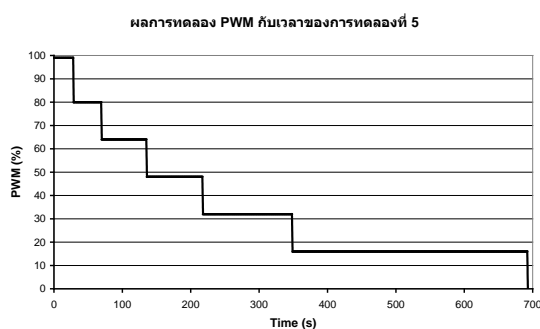


รูปที่ 17 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของ PWM กับเวลาของการทดลองที่ 4

5.5 ผลการทดลองของการทดลองที่ 5

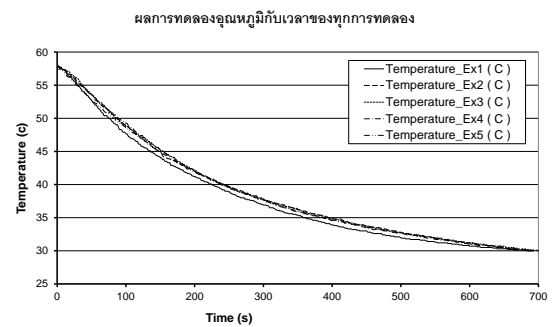


รูปที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของการทดลองที่ 5

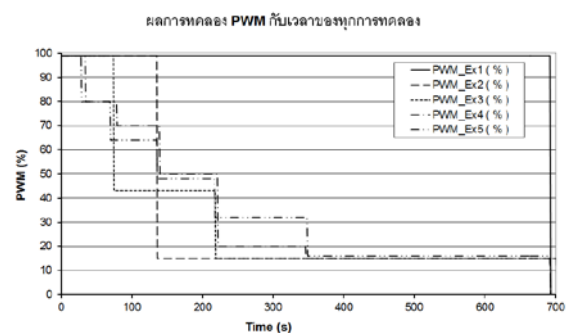


รูปที่ 19 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของ PWM กับเวลาของการทดลองที่ 5

5.6 ผลการทดลองรวมทั้งหมด



รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของการทดลอง



รูปที่ 21 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของ PWM กับเวลาของการทดลอง

5.7 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละการทดลอง

เนื่องจากพัฒนาระบายความร้อนที่ใช้มีขนาด 1.8 Watt หรือ 12 V, 0.15A ดังนั้นจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองในหัวข้อก่อนหน้านี้จะสามารถนำมาคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 2 การใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดลองที่ 1

PWM (%)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (W)	เวลาที่ใช้ (s)	พลังงานที่ใช้ทั้งหมด (W.s)
99	1.782	693	1,234.93

ตารางที่ 3 การใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดลองที่ 2

PWM (%)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (W)	เวลาที่ใช้ (s)	พลังงานที่ใช้ทั้งหมด (W.s)
99	1.782	136	242.35
15	0.27	565	152.55
รวม			394.90

ตารางที่ 4 การใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดลองที่ 3

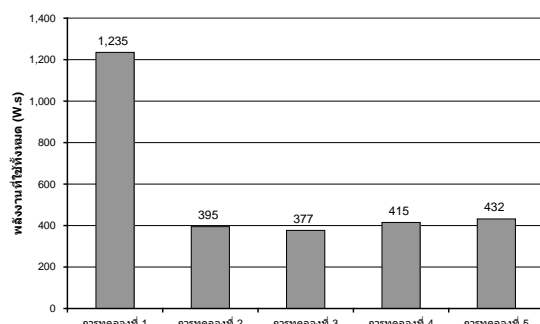
PWM (%)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (W)	เวลาที่ใช้ (s)	พลังงานที่ใช้ทั้งหมด (W.s)
99	1.782	75	133.65
43	0.774	144	111.46
15	0.27	488	131.76
รวม			376.87

ตารางที่ 5 การใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดลองที่ 4

PWM (%)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (W)	เวลาที่ใช้ (s)	พลังงานที่ใช้ทั้งหมด (W.s)
99	1.782	35	62.37
80	1.44	44	63.36
70	1.26	61	76.86
50	0.9	82	73.80
20	0.36	125	45.00
15	0.27	346	93.42
รวม			414.81

ตารางที่ 6 การใช้พลังงานไฟฟ้าในการทดลองที่ 5

PWM (%)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (W)	เวลาที่ใช้ (s)	พลังงานที่ใช้ทั้งหมด (W.s)
99	1.782	29	51.68
80	1.44	41	59.04
64	1.152	66	76.03
48	0.864	82	70.85
32	0.576	131	75.46
16	0.288	344	99.072
รวม			432.126



รูปที่ 22 การใช้พลังงานไฟฟ้าของทุกการทดลอง

6. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากรูปที่ 20 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของการทดลอง จะพบว่าทุกรูปแบบการทดลองสามารถลดอุณหภูมิภายในแชสซิสคอมพิวเตอรืลงจนถึงจุดที่ต้องการได้ในเวลาใกล้เคียงกัน ซึ่งหมายความว่าไม่ว่าจะใช้ความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนสูงสุดตลอดช่วงหรือแบ่งความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนออกเป็นช่วงก็ให้ผลทางด้านประสิทธิภาพการระบายความร้อนไม่แตกต่างกัน แต่ถ้ามาดูทางด้านการใช้กำลังไฟฟ้าของพัดลมระบายความร้อน ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 22 ซึ่งเป็นกราฟแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าของการทดลองจะพบว่ามีความแตกต่างกันมากพอสมควร โดยในการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นการใช้ความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนสูงสุดตลอดช่วงจะพบว่าใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด ส่วนการทดลองที่ 3 ซึ่งเป็นการแบ่งความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนออกเป็นสามช่วง จะพบว่าใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำสุดและในส่วนของการทดลองอื่นๆ จะพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกันแต่ก็ยังต่ำกว่ากรณีการทดลองที่ 1 เป็นอย่างมากและจากผลการทดลองจะพบว่าการแบ่งความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนออกเป็นช่วงๆ ให้ผลทางด้านประสิทธิภาพการระบายความร้อนไม่แตกต่างจากการใช้ความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนสูงสุดตลอดช่วง แต่กลับให้ผลทางด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันมากโดยการแบ่งความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนออกเป็นช่วงจะประหยัดพลังงานได้มากกว่า 50% ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากเมื่อเริ่มต้นอุณหภูมิภายนอกกับภายในแชสซิสคอมพิวเตอรืมีความแตกต่างกันมากทำให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนมีสูงอุณหภูมิจึงลดลงได้อย่างรวดเร็ว แต่เมื่ออุณหภูมิภายในแชสซิสคอมพิวเตอรืลดลงมาจนเกือบจะเท่ากับอุณหภูมิภายนอกประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนจะลดลงทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างช้าๆ ไม่ว่าจะใช้ความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนสูงสุดก็ตาม จากผลการทดลองที่ได้จะสามารถสรุปได้ว่าการแบ่งความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนออกเป็นช่วง

ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนลดลง แต่จะทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น เมื่อเทียบกับการใช้ความเร็วรอบของพัดลมระบายความร้อนสูงสุดตลอดช่วง

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2553

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Yaxiong Wang, Yinshan Feng, Robert Dong, and Phil Chou, "Investigation of CPU Thermal Solution Designs for BTX Desktop System", 23rd Annual IEEE Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium SEMI-THERM, March, pp. 24-29, 2007.
- [2] V.Egan, J.Stafford, P.Walsh, E.Walsh, and R.Grimes, "An experimental study on the performance of miniature heat sinks for forced convection air cooling", The 11th Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, May, pp. 479-509, 2008.
- [3] C. D. Pitis, "Energy Efficient Single Stage Axial Fan (ENEF)", IEEE Canada Electical Power Conference, October, pp. 280-285, 2007.
- [4] Shufang Wang, Ruiyang Chen, Xin Fang, and Jianbo Wang, "Research on adjust speed control system of partial fan", IEEE International Conference on Automation and Logistics, August, pp. 1053-1057, 2007.
- [5] Ronan Grimes, and Mark Davies, "The effect of fan operating point and location on temperature distribution in electronic systems", The 8th Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, February, pp. 667-684, 2002.
- [6] Abe Arredondo, Partha Roy, and Erin Wofford, "Implementing PWM Fan Speed Control within a Computer Chassis Power Supply", The 20th Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, March, pp.148-151, 2005.